

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Baja**

##### **2.1.1 Struktur Baja**

Baja adalah paduan antara besi (Fe) dan karbon (C) dengan adanya penambahan paduan lainnya. Baja yang paling banyak digunakan sebagai hasil akhir adalah komponen otomotif, tranformer listrik dan untuk proses manufaktur lainnya seperti proses pembuatan lembaran besi, proses ekstrusi dan lain-lain. Dasar pemakaian baja seiring dengan terus berkembangnya sebuah industri otomotif dan kebutuhan masyarakat dengan kendaraan bermotor, komponen permesinan, ban konstruksi dan bidang lainnya terutamanya didasarkan sifat mekaniknya jika suatu logam yang sangat keras sulit dalam pembentukannya. Kemampuan pengerasan sebuah baja memiliki rentangan yang sangat besar sehingga dapat disesuaikan pada sifat mekanik yang sesuai dengan yang diinginkan dari baja itu [Troxell,1998].

Pada paduan logam baja karbon rendah yang terdiri dari besi (Fe) dan unsur-unsur karbon (C), Silikon (Si), Mangan (Mn), Fosfor (P) dan unsur-unsur lainnya. Diantaranya tujuan terpenting dalam sebuah pengembangan material yaitu menentukan struktur dan sifat-sifat material optimum, agar daya tahan yang dicapai maksimum. Sifat utama baja antara lain :

a. **Kekuatan (Power)**

Karakteristik utama yang dimiliki oleh baja adalah kekuatannya. Baja mempunyai kuat tarik yang sangat baik. Hal ini membuat baja yang diberikan beban akan cenderung mengalami perubahan bentuk (deformasi). Perubahan tersebut menyebabkan timbulnya regangan (strain) dengan besar sesuai deformasi per satuan panjang. Sedangkan regangan menimbulkan terjadinya tegangan (stress) di dalam baja.

b. **Keuletan (Ductility)**

Keuletan yaitu kemampuan sebuah baja untuk melakukan deformasi sebelum terputus. Faktor yang mempengaruhinya yaitu regangan (strain) yang bersifat tetap sebelum baja terputus. Adapun besar keuletan ini terhubung pada sifat yang bisa pekerjaan yang bisa dilakukan terhadap baja. Untuk mengetahui

besar keuletan baja, Anda bisa melakukan serangkaian uji coba, terutama pada uji tarik.

c. Kekerasan (Hardness)

Kekerasan yaitu ketahanan suatu material pada besarnya gaya yang bisa menembus pada permukaannya. Kekerasan ini memegang pengaruh yang sangat besar terhadap kekuatan yang dimiliki oleh baja. Uji coba terhadap kekuatan bisa dilaksanakan menggunakan metode rockwell, ultrasonic, brinell, dan lain-lain.

d. Ketangguhan (Toughness)

Ketangguhan yaitu hubungan beberapa jumlah energi yang mampu diterima baja hingga terputus. Bila semakin kecil ketangguhan yang dimiliki suatu baja, maka karakteristik baja tersebut akan semakin rapuh. Baja yang tangguh akan mendukung keselamatan penggunaannya. Ketangguhan baja bisa diketahui melalui uji coba dengan memberikan pukulan (impact) secara tiba-tiba.

### 2.1.2 Klasifikasi baja

a. Baja Karbon (Carbon Steel)

Baja karbon atau yang di sebut carbon Steel yaitu baja yang tersusun dari elemen-elemen yang persentase maksimum selain bajanya sebagai berikut:

- 1) 1.65 % Manganese
- 2) 0.60 % Copper
- 3) 1.70 % Carbon
- 4) 0.60 % Silicon

Carbon adalah bahan untuk menaikkan tegangan (strength) dari baja murni. Baja di kategorikan berdasar material, yaitu dari ingot iron (baja bongkah) tanpa carbon sama sekali, sampai cast iron (baja tuang) yang memiliki carbon sekurang-kurangnya adalah 1.70 %. (Ir. Oentoeng, Konstruksi Baja, 1999)

b. Jenis jenis baja

1) Baja karbon rendah

Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon 0,10% s/d 0,30%.

Baja karbon rendah ini diaplikasikan dalam pembuatan baja strip, baja batangan atau profil dan plat baja,

2) Baja karbon menengah

Baja karbon menengah mengandung carbon antara 0,30 % s/d 0,60

C. Baja karbon ini di gunakan sebagai keperluan alat perkakas bagian mesin. Berdasarkan total karbon yang terdapat dalam baja ini maka baja karbon dapat di gunakan sebagai keperluan- keperluan industry.

3) Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi mengandung kadar carbon antara lain 0,60 % s/d 1,7 % C dan setiap satu ton baja karbon tinggi memiliki karbon sebesar 70 – 130 Kg. Baja ini memiliki tegangan Tarik tinggi dan banyak digunakan untuk material peralatan. Contoh aplikasi dari baja ini dalam pembuatan kabel baja dan kawat.

4) Baja paduan rendah

Baja paduan rendah di klasifikasi dan di bedakan jenis unsur paduannya. Baja paduan rendah diklasifikasi sebagai baja karbon yang memiliki unsur paduan seperti nikel, chromium dan molybdenum. Jumlah total unsur yang terdapat pada paduannya mencapai 2,07 % - 2,5 % .

5) Baja paduan tinggi

Baja paduan tinggi adalah baja yang memiliki kandungan elemen paduan sebanyak lebih dari 8 % . Yang termasuk dalam baja paduan tinggi contohnya adalah stainless steel, baja tahan aus, baja tahan panas, tool steel, dan baja berkekuatan tinggi.

### 2.1.3 Baja ST 37

Baja karbon rendah (low carbon steel) mempunyai karbon kurang dari 0,30% sehingga memiliki sifat lunak dan juga memiliki kekuatan yang lemah dibandingkan dengan baja karbon menengah dan baja karbon tinggi akan tetapi baja karbon rendah memiliki sifat ulet dan tangguh yang sangat baik. Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon yaitu kurang dari 0,30% perlu perlakuan tambahan jika

ingin melakukan modifikasi material atau ingin dilakukan pengerasan material. Pada umumnya baja dengan kandungan karbon diatas 0,30% bisa langsung dikeraskan, namun untuk kandungan sebuah karbon dibawah 0,30% melalui proses penambahan karbon terlebih dahulu. Dengan sifat-sifat yang dimiliki baja karbon rendah, maka baja karbon rendah dapat dipergunakan sebagai baja-baja plat atau sirip, untuk bahan body kendaraan, untuk konstruksi bangunan jembatan, untuk dibuat sebagai baut, untuk bahan pipa.

Jenis baja ST 37 merupakan standard penamaan DIN yang berarti baja dengan kekuatan tarik  $37 \text{ kg/mm}^2$ , memiliki komposisi 0,17% C, 0,30% Si, 0,2-0,5% Mn, 0,05% P, 0,05% S. ST 37 memiliki kekuatan tarik sampai dengan 123.82 HV termasuk kedalam golongan baja hypoeutectic yang memiliki kandungan struktur mikro ferrite dan pearlite. Baja ST 37 termasuk kedalam golongan baja karbon rendah dikarenakan kandungan karbonnya yang hanya 0,17 %.

#### **2.1.4 Aplikasi baja ST 37**

Aplikas baja ST 37 antara lain :

- Diaplikasikan sebagai wire wash, kawat, alat- alat otomotif, paku, dan untuk bahan welded abriccation.
- Penggunaan pengaplikasian khusus seperti kawat elektroda berlapis untuk keperluan bahan pengelasan.
- Sebagai bahan konstruksi bangunan-bangunan.

## **2.2 Korosi**

### **2.2.1 Pengertian Korosi**

Korosi adalah proses perusakan logam oleh reaksi kimia antara logam dengan zat-zat yang berada di lingkungannya sehingga menimbulkan senyawa yang tak di kehendaki dan mengakibatkan kerusakan struktur logam tersebut, sehingga mempengaruhi kualitas dari logam menjadi semakin menurun dari waktu ke waktu di karenakan korosi akan mengurangi massa dari logam.

Terjadinya korosi pada suatu logam didalam lingkungan elektrolit (air) adalah proses elektrokimia. Proses ini terjadi abila ada sebuah reaksi setengah sel melepaskan elektron dan reaksi setengah yang menerima elektron tersebut. Kedua reaksi akan berlangsung sampai dengan terjadi kesetimbangan dinamis dimana

jumlah sebuah elektron yang dilepas sama saja dengan banyak elektron yang diterima.

### 2.2.2 Korosi pada baja karbon

Baja karbon adalah baja paduan yang terdapat dari unsur besi (Fe) dan karbon (C). yang dimana besi adalah unsur dasar dan karbon menjadi unsur paduan utamanya. Proses pembuatan baja ditemukan pula penambahan kandungan unsur kimia lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan unsur kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon mempunyai kandungan unsur karbon yang dalam besi sebesar 0,2% hingga 2,14%, dimana kandungan karbon berfungsi menjadi unsur penguat didalam sebuah struktur baja. Dalam penggunaan baja karbon digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan alat perkakas, struktur bangunan, komponen mesin.

Baja karbon, paling banyak digunakan untuk material keteknikan, diperkirakan 85% dari produksi baja dunia. Walaupun terdapat keterbatasan terhadap ketahanan korosi, baja karbon banyak digunakan untuk aplikasi kelautan (maritim), nuklir, transportasi, proses reaksi kimia, industri perminyakan, *refining*, pipa pada saluran, konstruksi daerah pertambangan dan sebagai peralatan proses logam. Baja karbon secara alami memiliki keterbatasan terhadap kandungan paduannya, biasanya di bawah 2% dari total penambahan. Namun penambahan tersebut secara umum tidak menghasilkan perubahan terhadap ketahanan korosi. Terkecuali weathering steel, dengan penambahan sedikit tembaga, krom, nikel, dan phosphorus dapat mereduksi laju korosi pada lingkungan tertentu.

Baja merupakan material yang banyak digunakan untuk aplikasi pipa saluran air, khususnya *low carbon steel*. Dengan peningkatan karbon, kekerasan dan kekuatan akan meningkat sehingga *low carbon steel* digunakan karena memiliki sifat mekanis yang baik, mudah dibentuk atau difabrikasi dan harga yang relatif murah. Namun baja tersusun oleh beberapa fasa pada permukaan dan dapat menimbulkan lokal elektrokimia. Hal ini menimbulkan rentannya ketahanan proses korosi dari baja akan reduksi katodik sangat mudah terjadi agar menyebabkan *porous* untuk proses produk korosi dan tidak tersusun produk seperti lapisan pasif.

### 2.2.3 Faktor mempengaruhi korosi

Faktor yang mempengaruhi korosi adalah :

a. Oksigen (O<sub>2</sub>)

Oksigen sangat berperan dalam proses korosi karena oksigen mengalami reduksi pada bagian besi yang bertindak sebagai katoda. Berdasarkan hal tersebut maka semakin banyak oksigen di suatu tempat akan semakin cepat korosi logam di dalamnya terjadi.

Dalam penelitian ini kadar oksigen tidak akan mengalami perubahan, tanpa ada pengurangan maupun penambahan. Kadar oksigen yang digunakan adalah kadar oksigen yang terkandung dalam udara normal yaitu berkisar kurang lebih 20,95% dari kandungan gas-gas yang terkandung dalam udara yaitu 78,09% nitrogen, 20,95% oksigen, 0,93% argon, 0,04% karbon dioksida dan gas-gas lain yang terdiri dari neon, helium, metana, kripton, hidrogen, xenon, ozon, radon.

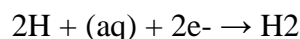
b. Temperatur

Kenaikan temperatur dapat berpengaruh pada reaksi korosi, dengan naiknya temperatur akan membuat laju korosi ikut meningkat begitu juga sebaliknya jika temperatur rendah maka laju korosi akan ikut melambat.

Temperatur yang digunakan dalam penelitian ini adalah temperatur/suhu kamar yang berkisar antara rentang kurang lebih antara 20 – 25 derajat celcius (°C), dikarenakan pada rentang suhu tersebut laju korosi akan stabil tanpa mengalami pengurangan laju maupun kenaikan laju.

c. PH (Power Of Hydrogen)

Pada kondisi pH < 7 yaitu pada lingkungan asam korosi yang terjadi akan semakin besar, dikarenakan terjadinya reaksi reduksi tambahan pada daerah katoda. Hal tersebut mengakibatkan banyaknya atom logam yang teroksidasi yang mengakibatkan laju korosi pada permukaan logam akan semakin meningkat. Reaksi reduksi pada katoda yang terjadi yaitu :



Perhitungan Ph adalah untuk menentukan bahwa larutan yang digunakan bersifat asam maupun basa, dalam penelitian ini larutan yang digunakan adalah larutan yang tergolong kedalam larutan asam kuat yaitu asam

klorida dan natrium klorida dengan sifat yang sudah pasti bersifat asam. Perhitungan Ph akan sangat diperlukan jika larutan yang digunakan belum teridentifikasi larutan tersebut tergolong dalam basa maupun asam seperti pada air laut dan air hujan.

d. Kontak dengan zat elektrolit

Zat-zat elektrolit terutama asam dan garam merupakan zat yang dapat mempercepat laju korosi logam. Contohnya pada peristiwa hujan asam dapat memicu proses korosi pada peralatan yang terbuat dari logam, begitu juga dengan air laut yang banyak mengandung garam dapat memicu terjadinya korosi pada badan kapal yang terbuat dari logam.

#### 2.2.4 Jenis-Jenis Korosi

a. Korosi Seragam

Korosi seragam adalah korosi pada serangan merata dengan seluruh permukaan logam. Korosi ini terjadi dipermukaan logam yang telah terdapat pada lingkungan yang korosif.

b. Korosi Galvanik

Korosi galvanik akan terjadi apabila dua logam berbeda terhubung dengan elektrolit hingga salah satu logam akan terkena korosi dan lainnya terlindungi dari korosi. Untuk memperkirakan logam terkorosi di korosi galvanic dilihat pada deret galvanik

c. Korosi Celah

Celah atau ketidak teraturan permukaan lainnya seperti celah paku keling (rivet), baut, washer, gasket, deposit dan sebagainya, yang bersentuhan dengan media korosif dapat menyebabkan korosi terlokalisasi.

d. Korosi Sumuran

Korosi sumuran merupakan serangan korosi lokal di daerah permukaan logam agar membentuk cekungan atau lubang yang terdapat pada permukaan daerah logam. Korosi logam yang terdapat pada baja tahan karat karena rusaknya lapisan pelindung.

e. Dealloying Dealloying

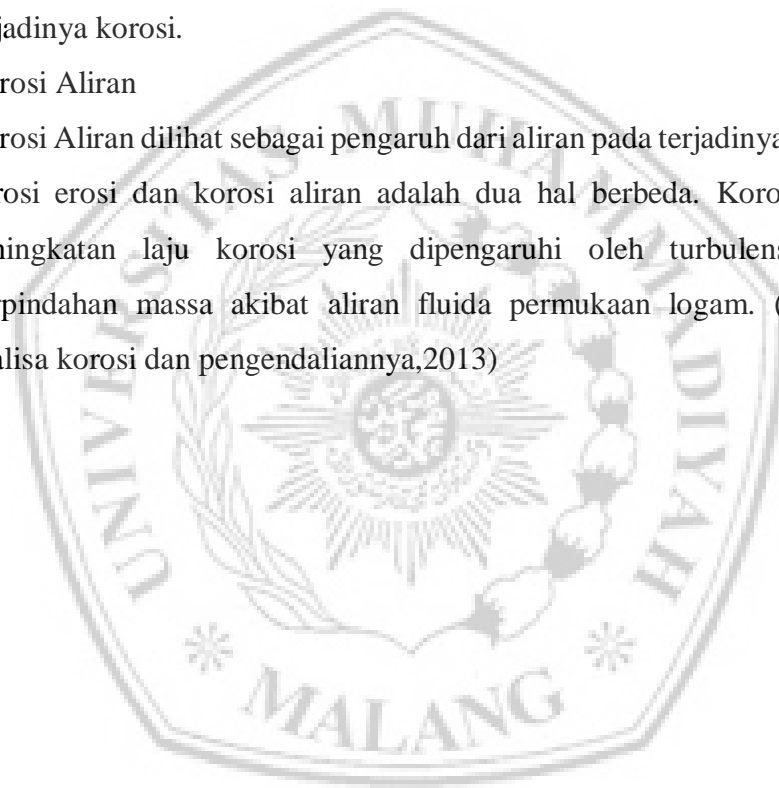
Merupakan lepasnya unsureunsur paduan yang aktif (anodik) dari permukaan logam paduan, sebagai contohnya: lepasnya unsur seng atau Zn pada sebuah kuningan ( Cu – Zn ) dan dapat dikenal dengan istilah densification.

f. Korosi Erosi

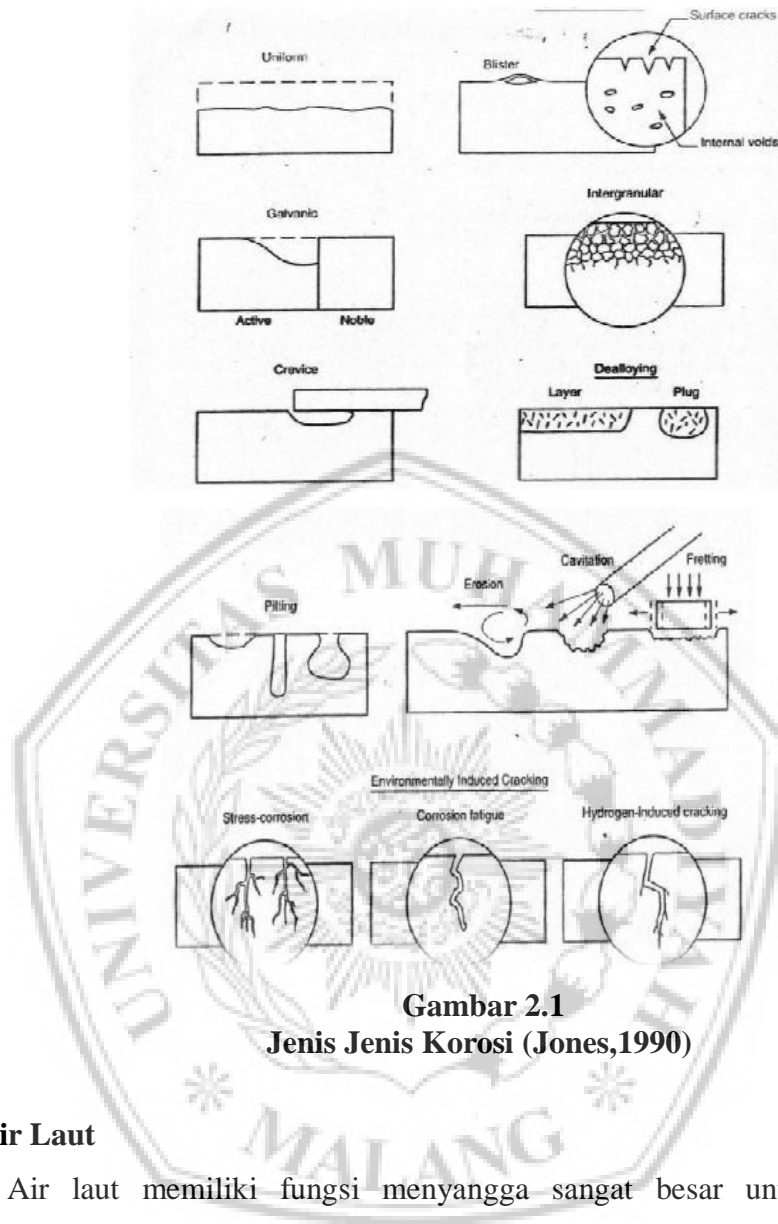
Korosi erosi disebabkan karena adanya campuran antar fluida korosif dan kecepatan aliran tinggi. Bagian fluida yang terdapat kecepatan aliran rendah mengalami laju korosi rendah, sedangkan fluida kecepatan tinggi akan terjadinya erosi dan dapat menggerus lapisan pelindung sehingga mempercepat terjadinya korosi.

g. Korosi Aliran

Korosi Aliran dilihat sebagai pengaruh dari aliran pada terjadinya korosi. antara korosi erosi dan korosi aliran adalah dua hal berbeda. Korosi aliran yaitu peningkatan laju korosi yang dipengaruhi oleh turbulensi fluida dan perpindahan massa akibat aliran fluida permukaan logam. (M.Fajar.Sidiq, analisa korosi dan pengendaliannya,2013)







**Gambar 2.1**  
**Jenis Jenis Korosi (Jones,1990)**

### 2.3 Air Laut

Air laut memiliki fungsi menyangga sangat besar untuk mencegah terjadinya perubahan pH. Perubahan pH sangat sedikit saja dari pH yang alami memberikan petunjuk terganggunya sistem akan penyangga. Hal ini bisa mengakibatkan berubahnya dan ketidakseimbangan kadar  $\text{CO}_2$  yang membahayakan kehidupan pada biota dalam laut. pH air laut pada permukaan di Indonesia bervariasi dari lokasi ke lokasi antara 6.0 – 8,5. Perubahan pH mempunyai dampak buruk pada kehidupan biota dalam laut, secara langsung maupun tidak langsung (Odum, 1993).

Tinggi atau rendahnya pH dikarenakan oleh adanya fluktuasi kandungan  $\text{O}_2$  ataupun  $\text{CO}_2$ . Tidak semua mahluk bertahan karena perubahan nilai pH, oleh karena

itu alam telah menyediakan mekanisme unik untuk perubahan tidak akan terjadi atau terjadi tetapi dengan cara secara perlahan. Tingkat pH lebih kecil dari 4,8 dan lebih besar dari 9,2 sudah dan dapat dianggap tercemar (Sary, 2006).

## **2.4 Air Hujan**

Pada umumnya dasar kandungan dari air hujan bersumber dari reaksi zat yang terdapat di atmosfer dengan butiran air yang melewatinya. Dasarnya terdiri dari 99.9 persen massa  $H_2O$  dan sisanya adalah zat yang tercampur dengan air hujan, beberapa zat padat yang larut dan gas. Kandungan air hujan tergantung kondisi geologi, jumlah penduduk, dan aktifitas yang dilakukan oleh manusia di daerah tersebut. Oleh karena itu kandungan hujan berbeda di setiap tempat. Contohnya, di daerah laut terbuka sampai daerah dekat pantai, air hujan akan mengandung garam,  $CO_2$  dan akan bersifat asam. Sedangkan air hujan di darat memiliki kandungan garam yang lebih sedikit.

## **2.5 Air Sungai**

Sungai yaitu air tawar dari sumber yang mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah dan menuju atau bermuara ke laut, danau atau sungai yang lebih besar. Arus air di suatu bagian hulu sungai biasanya lebih deras dibanding arus sungai di bagian hilir. Aliran sungai lebih berliku-liku karena akan terjadinya proses pengikisan dan pengendapan di sepanjang sungai mengalir.

Sungai yang merupakan sumber air adalah salah satu sumber daya yang mempunyai kegunaan serbaguna untuk kehidupan dan penghidupan manusia. Fungsi sungai adalah sebagai sumber air minum, , sumber irigasi, peikanan, sarana transportasi dan lain-lain. Aktivitas manusia yang menyebabkan sungai menjadi rentan terhadap pencemaran air. Dan begitu pula dengan pertumbuhan industri yang dapat menyebabkan penurunan kualitas dari lingkungan (Soemarwoto, 2003).

## **2.6 Perhitungan Laju Korosi**

Pengukuran laju korosi adalah hal yang berguna dan sangat penting pada rekaya korosi. Permukaan pada material konstruksi di sekitar lingkungan korosif dikerjakan berdasarkan data yang terdapat pada laju korosi. Korosi dipengaruhi

oleh lingkungan misalnya saja seperti oksigen, pH, kecepatan fluida, temperatur, dan zat-zat oksidator. Laju korosi bergantung pada konsentrasi reaktan, jumlah mula-mula partikel logam, dan faktor mekanik seperti tegangan. Pengukuran pada laju laju korosi merupakan hal penting di dalam proses rekayasa pada korosi.

Permukaan material konstruksi di daerah lingkungan korosif berdasarkan data pada laju korosi yang terjadi. Bila serangan korosi terjadi pada material logam secara merata, maka laju korosi dapat dihitung dengan metode kehilangan berat atau weight gain loss (WGL), pengujian ini sesuai dengan standar pada ASTM.

Laju korosi dinyatakan dalam mpy (milli inch per year). Yaitu menghitung massa logam yang dibersihkan lapisan oksida dan massa logam dinyatakan menjadi massa awal lalu dilakukan pada lingkungan korosif contohnya pada air laut, air hujan, dan air sungai pada waktu tertentu. Setelah itu maka dilakukan penghitungan massa kembali dari logam yang telah dibersihkan, logam tersebut dari hasil korosi berbentuk dan massa itu dinyatakan sebagai massa akhir.

Dengan cara mengambil sebagian dari beberapa data contohnya seperti luas permukaan yang terendam, waktu perendaman dan massa jenis logam yang akan di uji maka dapat dihasilkan suatu laju korosi. Persamaan laju korosi ini ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$\text{Corrosion Rate (r)} : \frac{k \times w}{D \times A \times T}$$

Sumber: Chodijah, Siti; 2008

Keterangan :

r = laju korosi (mpy)

w = kehilangan berat (g)

D = berat jenis (g/cm<sup>3</sup>)

A = luas sampel (cm<sup>2</sup>)

T = waktu (jam).

k = Konstanta

Tabel 2.1

**Konstanta Perhitungan Laju Reaksi Korosi Berdasarkan Satuannya**

Satuan Laju Korosi	Konstanta (K)
Mils per year (mpy)	$3,45 \times 10^{-6}$
Inchies per year (ipy)	$3,45 \times 10^3$
Inches per month (ipm)	$2,87 \times 10^{-2}$
Milimeters per year (mm/y)	$8,76 \times 10^{-7}$
Micrometers per year ( $\mu\text{m/y}$ )	$8,76 \times 10^4$
Picometers per second (pm/s)	$2,87 \times 10^{-6}$
Grams per square meter per hour ( $\text{g/m}^2 \text{ h}$ )	$1,00 \times 10^4 \text{ D}^A$
Miligrams per square decimeter per day (mdd)	$2,40 \times 10^6 \text{ D}^A$
Micrograms per square meter per second ( $\mu\text{g/m}^2 \text{ s}$ )	$2,78 \times 10^6 \text{ D}^A$